

地球物理方法在甘肃省狼娃山磁铁矿 的成矿综合应用解释

胥 溢, 杜 发, 谢志峰

(甘肃省地质矿产勘查开发局 第二地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 狼娃山铁矿属于岩浆岩型磁铁矿床, 预测类型为矽卡岩型, 矿床规模为中型。为了找寻狼娃山地质—地球物理成矿模型, 首先可根据航磁异常划分出地层、岩性、构造等地质单元; 然后选择成矿有利部位开展高精度地磁测量, 寻找和圈定矿致异常; 最后通过分析研究该测区的地质地球物理特征, 找出了狼娃山简要的成矿模型。结果表明, 通过对地质—地球物理资料的分析来为矿区周围找矿方向提供地质—地球物理成矿模式是可行的。

关键词: 狼娃山铁矿; 磁铁矿; 高精度磁测; 找矿模式

中图分类号: P631.2

文献标识码: A

收稿日期: 2016—03—17

The Application of Comprehensive Geophysical Method to Langwashan Magnetite of Gansu Province

Xu Yi, Du Fa, Xie Zhifeng

(Second Institute of Geological and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and
Mineral Resources, Lanzhou Gansu 730020, China)

Abstract: The Langwashan ironore belongs to magmatic rock typy deposit. The predication type is skam deposit and the deposit scale is middle-sized. In order to find the Langwashan geological-geophysical modeling, firstly we divided the geological units such as stratum, lithology, structure based on aeromagnetic anomalies. Then we selected the metallogenetic prospective area of high-precision magnetic measurement to find anomalies related to mineralization. Finally we found out the metallogenic model for Langwashan. It turns out that it is feasible to provide geological-geophysical model for prospecting the mining area nearby through the analysis of geological and geophysical data of the area.

Key words: Langwashan iron ore; magnetite; high precision magnetic prospecting; prospecting model

1 引言

随着浅部矿产资源逐渐枯竭,找矿方向逐步转向深部矿体。然而,对于深部找矿光靠地质和化找找矿的思路逐渐变得吃力。现今人类尚无法直接探知地下深部的物质成分与地质结构,因此,不能利用传统的地质方法直接进行深部金属矿的找矿与勘查,使得深部找矿的难度增大。地球物理找矿勘探方法与技术是在当今高新科学技术成果不断的应用和创新下发展起来的,具有探测深度大、分辨率高、方法手段多元化的特点,能为深部找矿勘探提供丰富的信息。把成矿系统与地质构造背景联系起来研究,是矿床学研究的一大进步。地球物理勘探具有高精度和高分辨率等特点,对地质构造具有明显的异常反应。矿床的形成,尤其是大型、超大型矿床的形成是地球深部巨量物质、能量聚集的结果,它们受地球深部不同尺度的动力系统控制。过去,由于人们把更多的精力集中到了微观尺度的成矿物理化学条件研究,而较少地关注区域尺度的深部过程研究和结构的探测,导致对矿产形成的深部背景和分布规律缺乏系统的认识。如今,如何通过地质地球物理综合找矿手段,寻找深部隐伏矿体已成为了地质市场的主要工作。刘光鼎院士提到了“应用地球物理攻深找盲”^[1]及“深部探测技术与实验”^[2],它是通过进行多种方法研究建立矿集区成矿地质模

型。采用多种方法是由于地球物理反问题存在多解性,单一物探方法对于后期的解释显得较为吃力,因此在实际地球物理勘探中往往采用两种或者两种以上的方法进行工作,并且合理地选择地质与不同的物探方法进行组合解释,对异常进行精细的分析,这对深部找矿有着重要的意义^[3]。如甘肃省红山铁矿找矿案例^[4]就充分地运用了地球物理与地质结合分析的方法。参照这种案例分析的经验,笔者以狼娃山磁铁矿床为例,进行地球物理资料的分析与探讨,以期周边找矿提出该区域的成矿模式。

2 地质背景

2.1 区域地质特征

矿床位于哈萨克斯坦板块东部北缘,北邻西伯利亚板块。前石炭纪末,扫帚山—红石山—甜水井一带发生裂谷及大范围沉陷,形成石炭纪海盆,最早接受了早石炭世早期绿条山组一套海相碎屑岩沉积,之后由于裂谷带海底扩张,洋壳双向特别向南较快俯冲,致使哈萨克斯坦板块一侧发生强烈火山喷发,沉积了白山群下部一套钙碱系列的中酸性火山岩—碳酸盐建造,并伴随其后的大规模花岗质岩浆侵入活动,形成海底火山—岩浆弧。铁矿生成即与此岩浆弧环境中中酸性侵入岩接触带有关(图1)。矿区位于明水—石板井华力西褶皱带,处于狼娃山—红柳疙瘩复背斜南翼,

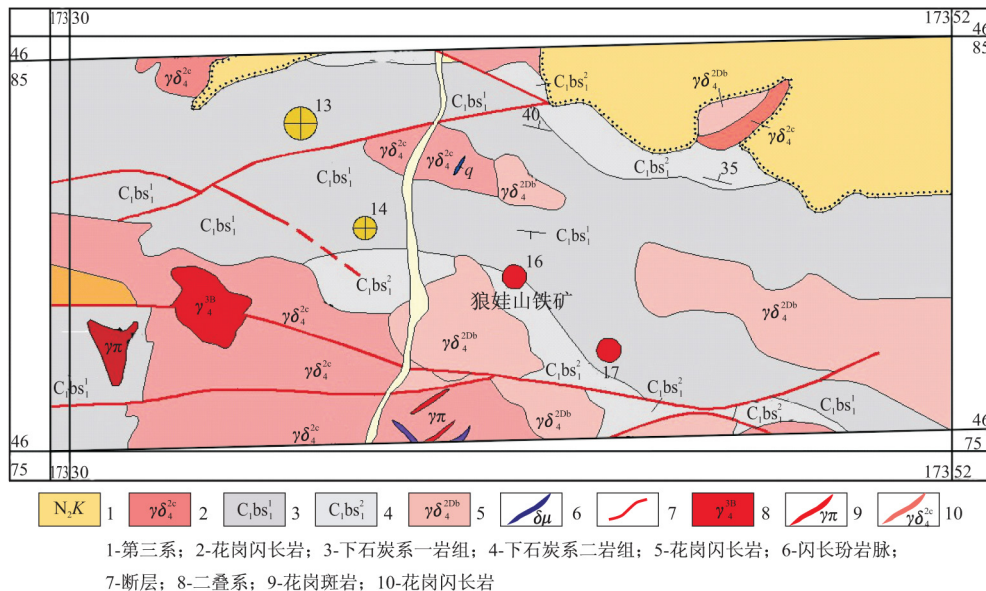


图1 狼娃山磁铁矿区域地质矿产构造

Fig. 1 Regional geological map showing the minerals in Langwashan iron ore

属红石山—黑鹰山地体。出露地层除第四系地层外,全为下石炭统白山群下亚群(C_1bs_1)。按层序和岩石组合划分了两个岩组。矿区大面积出露华力西中期花岗闪长岩,又被稍后的红色中细粒二长花岗岩所侵入,两者为同期同源岩浆演化产物,同侵入于 C_1bs_1 中,其中二长花岗岩为成矿母岩。此外,尚见系列中酸性岩脉及次火山岩,有闪长岩、闪长玢岩、花岗岩、次流纹岩、次英安岩、次安山岩等,偶见辉绿岩,这些岩脉多切割矿体。矿区处于狼娃山—红柳疙瘩复背斜南翼,岩层走向北西西、倾向南西,倾角 $70^\circ \sim 80^\circ$ 。断裂构造有三组:一组主要为近东西或北西西向压性压扭性断裂或挤压破碎带,一些中酸性岩脉能反映的构造形迹也属于此组;二组为近南北向张性断裂;三组为北东向张扭性断裂。其中第一组近东西向断裂对成矿热液交代和矿体的分布起重要的控制作用(图 1)。

矿床具有一定的地质构造背景^[5],为多期次多成因生成的矽卡岩—热液型铁矿。其生成过程大体分为四个阶段:

1) 矽卡岩成矿阶段。二长花岗岩侵入期后,富矿的高温热液与大理岩沿构造及岩石层面节理裂隙发生交代,形成矽卡岩化及矽卡岩,同时生成磁铁矿化,矿化的强弱主要决定于交代作用的强弱和完全程度。当交代作用强烈、完全时可形成富矿,弱时则形成贫矿或含矿矽卡岩,甚至仅出现矽卡岩化大理岩,只见少量磁铁矿化浸染。此阶段成矿作用为矿区主要成矿期,奠定了矽卡岩型矿床的基本特征。

2) 中温热液成矿阶段。矽卡岩成矿之后,含

矿热液温度下降,交代作用减弱,矿液仅沿包括矽卡岩在内的围岩裂隙充填,形成石英—方解石—磁铁矿组合的脉状矿体,并在矿脉两侧边缘发生绿泥石化。

3) 硫化物成矿阶段。该期热液成矿作用时间较晚,矿液温度较低,强度很弱,这时从矿液中分离出的硫化物溶液沿早期矿体裂隙充填,主要表现为黄铁矿细脉及更晚黄铜矿细脉的充填。

4) 表生氧化阶段。由于构造变动和风化侵蚀,矿体暴露地表,在氧化条件下矿石矿物发生次生变化,如磁铁矿变为假象赤铁矿、赤铁矿变为褐铁矿、黄铁矿变为褐铁矿、黄铜矿变为孔雀石等,同时在矿体上部形成氧化带。

经过以上四个阶段,形成了该矿床现今的面貌。

2.2 区域地球物理特征

纵观红石山—狼娃山铁矿航磁 ΔT 化极等值线平面图(图 2),航磁异常规整,异常多成范围不大的椭圆形、条带状展布的强磁异常断续连接组成的主异常体,异常跳跃较大;小范围的磁异常成似椭圆形分布。磁异常强度大,地表可形成数千纳特的磁异常,梯度陡,在带内呈北西向、断续团块状展布,多数伴生负异常,主要是出露和浅部矿体引起。平缓异常与已知矿异常成延续、渐变关系,貌似倾覆,平缓而规则,异常值一般在 $1000 \sim 3000$ nT,形态规则,似椭圆形,是连续异常,推断该异常为下伏矿体引起。

图 3 为狼娃山铁矿所在区域地质矿产及物探部析图。在布格重力异常图上(图 3b),自北东向南西,重力值逐渐降低,降幅达 $20 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

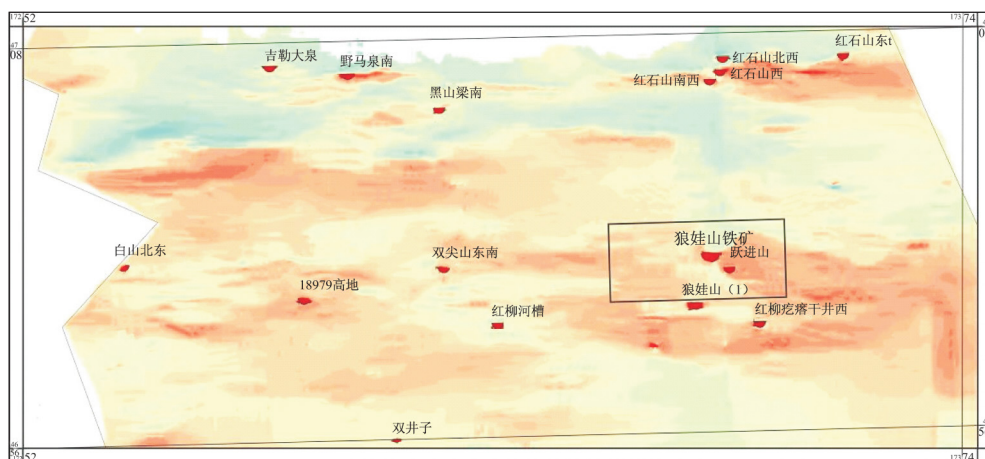


图 2 红石山—狼娃山铁矿预测区工作区航磁 ΔT 化极等值线平面

Fig. 2 Regional geological map showing the minerals in Hongshishan—Langwashan iron ore

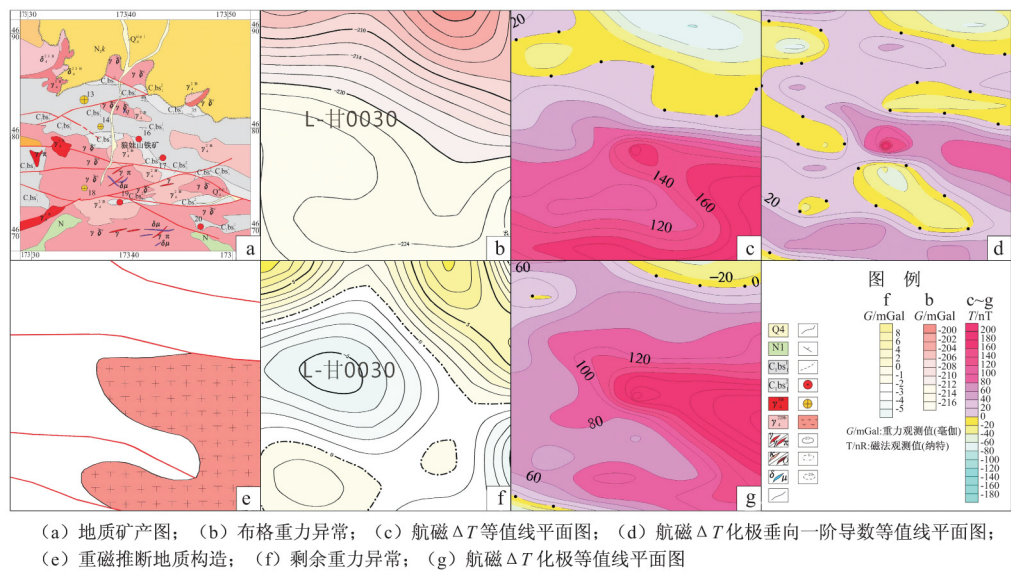


图 3 狼娃山铁矿所在区域地质矿产及物探剖析

Fig. 3 A regional and geophysical(ΔT) section map of Langwashan iron ore

图幅东北角、西北角呈现未封闭的局部重力高异常;图幅南部 Δg 等值线扭曲,向南凸出,预示有弱小局部重力低异常存在。在剩余重力异常图上(图 3f),上述局部异常得到增强,图幅西北角、东北角、西南角的重力高异常更加明显,图幅中部偏西位置出现一规模较大的重力低异常(L-甘 0030),该重力低异常与华力西中期花岗闪长岩产出位置相吻合,狼娃山磁铁矿床位于重力低异常(L-甘 0030)东侧梯级带上。在航磁 ΔT 等值线平面图(图 3c)位于高磁区域,通过观测垂向一阶导数等值线平面图(图 3d),发现异常具有了一定的范围显示,高磁部分分布在中部范围与东部范围,呈带状分布。通过航磁 ΔT 化极平面等值线图(图 3g)可以对去除掉斜磁化影响后的磁异常

分布进行分析。异常中部磁场值较高,走向为 NW 走向。根据图 3 中的区域重磁异常可以大致划分出地质构造(图 3e),与实际地质图大致吻合,但是细节显示不太明显^[6]。

3 地质地球物理综合解释

3.1 岩石物性特征

岩性是联系地质与地球物理场的桥梁,是减少磁异常反问题的有效途径,因此物性在地球物理勘探中处于比较重要的地位,通过物性分析可以较好地掌握地区岩石地质体的物理特征,便于解释。表 1 为狼娃山岩(矿)石磁性参数统计表。由表 1 可知,磁铁矿、含铁砂卡岩的磁化率、剩余

表 1 狼娃山岩(矿)石磁性参数

Table 1 Langwashan iron ore rock magnetic parameters statistics

岩(矿)石名称	标本数	$\kappa/\times 10^{-5}$ SI			$M_r/\times 10^{-3}$ A/m			无磁块数 /块
		极大值	极小值	均值	极大值	极小值	均值	
磁铁矿	74	27 444	25	7 962	392 000	160	24 000	
含铁砂卡岩	30	14 132	88	1 895	2 100 000	90	7 980	
砂卡岩	84	14 132	14	478	2 100 000	20	1 400	
火山凝灰熔岩	93	339	1	72	72 500	0	160	136
火山凝灰岩	36	1 811	1	77	12 800	0	170	62
花岗石英闪长岩	17	277	3	134	16 300	0	250	100
细晶闪长岩	13	311	7	87	2 970	20	190	54
花岗岩	4	171	23	57	340	160	190	135
闪长玢岩	1	248	3	71	1 630	60	200	14
石英斑岩	1	0	0	68			850	42
粉砂质板岩	2	162	49	90	90	80	90	72
辉绿岩	9	2 054	20	64	820	50	210	14

磁化强度均最高,是引起强磁异常的主要岩性;其次为矽卡岩、花岗石英闪长岩,可引起较弱磁异常;其余岩性均为弱磁或无磁。岩(矿)石的磁性差异显著,磁铁矿石、含铁矽卡岩磁性最强,是引起磁异常的主要岩石,磁化率 κ 为 $2\,000 \times 10^{-5}$ SI, M_r 在 $8\,000 \times 10^{-3}$ A/M 以上,磁性体基本以剩磁为主;但是因为含铁磁性矿物的多少不同,使得地表磁场表现为磁异常跳跃性较大。其他岩性基本弱磁或无磁,可形成背景磁异常场。

3.2 地质—地球物理分析

分析铁矿地质矿产图(图 4a)发现,铁矿在 I 矿区矿体分布大致成东西向带状;III 矿区矿化矽卡岩带沿岩体接触带断续长达数公里,矿体产出主要受北东东向一组压相性断裂控制;II 矿区地表矿体多成群集中分布于 3 号、4 号和 Fe-7 矿群,单个矿体多走向北西西,个别矿体近于平卧。整个 II 矿区矿体一般规模小,埋深浅,大部分矿体被剥蚀或被构造、岩体破坏,呈现支离破碎状态。但南带隐伏矿群,一般在埋深 300 m 以内,近东西向延伸,规模较大,保存较好。

对该地区重磁异常比较有利的地段开展了

1:10000 地面高精度磁法测量,测区位置处于狼娃山铁矿处(图 2 与图 3a 所示的狼娃山铁矿位置),采用仪器为加拿大 GEM 公司生产的 GSM-19T 质子磁力仪。对实际观测所得的 ΔT 计算出垂直分量 ΔZ ,然后利用 ΔZ 进行剖面平面图与等值线图的绘制。通过地面高精度磁测资料可以更明确地观测出测区的地球物理异常(图 4)。结合地质与重磁资料,对测区磁异常比较有利的地段做了剖面测量,即 A 剖面。通过对 A 剖面进行反演,结合地质剖面,对测区成矿模式进行摸索。该测区磁铁矿体主要产于二长花岗岩与大理岩的接触带及附近外接触带,并受近东西向压扭性断裂构造控制,含矿围岩主要为矽卡岩、硅化大理岩、次为流纹英安质凝灰熔岩、熔岩凝灰岩及蚀变闪长岩。矿体具有成带成群分布的特点。单个矿体形态多样,大致可分为透镜状、脉状及不规则块状三类。由于磁铁矿体和含铁矽卡岩都不同程度地具有较强磁性,因此该矿床已知矿体磁异常以串珠状为特征,局部异常形态各异,幅值高($>1\,000$ nT)规模小,成群产出,整体成带分布。

在地球物理资料处理中,求取 ΔZ 的垂向导

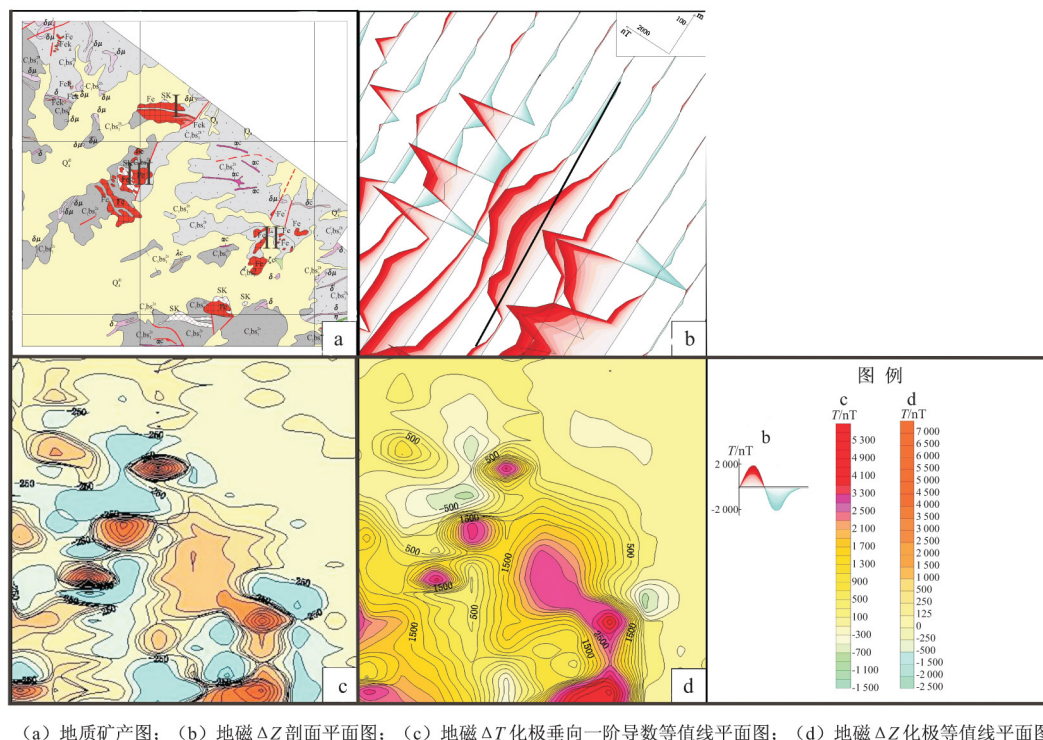


图 4 狼娃山铁矿所在区域地质矿产及物探剖析

Fig. 4 A regional and geophysical(ΔT) section map of Langwashan iron ore

数作为一种常用处理^[6-13],实际相当于一个高频放大器,可以压制低频成分,放大高频成分,用于直观地观测异常范围,对划分异常边界线具有一定的效果。综合剖面 A 过已知矿区 II 矿区,可以判断综合剖面图(图 5)的结果反映了狼娃山铁矿成层状产出的特点,其与实际出露矿体成层状产出较为吻合,也有隐伏或地表覆盖的磁性体存在。

纵观这个测区,磁异常规整,异常多成范围不大的椭圆形、条带状展布的强磁异常断续连接组成主异常体,异常跳跃较大;小范围的磁异常成似椭圆形分布,主要表现为以下结果:

1) 磁异常强度大,地表可形成数千纳特的磁

异常,梯度陡,在带内呈北西向、断续团块状展布,多数伴生负异常,主要是出露和浅部矿体引起。

2) 平缓异常与已知矿异常成延续、渐变关系,貌似倾覆,平缓而规则,异常值一般在 1 000 ~ 3 000 nT,形态规则,似椭圆形,是连续异常,推断该异常为下伏矿体引起。从航磁异常图与地磁异常和矿体的空间对应关系——对应来看,基本为磁铁矿引起磁异常。磁异常反映的磁性体的形态符合地质解释的结果,能为矿产预测提供必要元素。

3) 从图 3、图 4 看,狼娃山铁矿处在重力低区域里,磁异常在高值区域,反映了狼娃山铁矿的成矿综合信息。

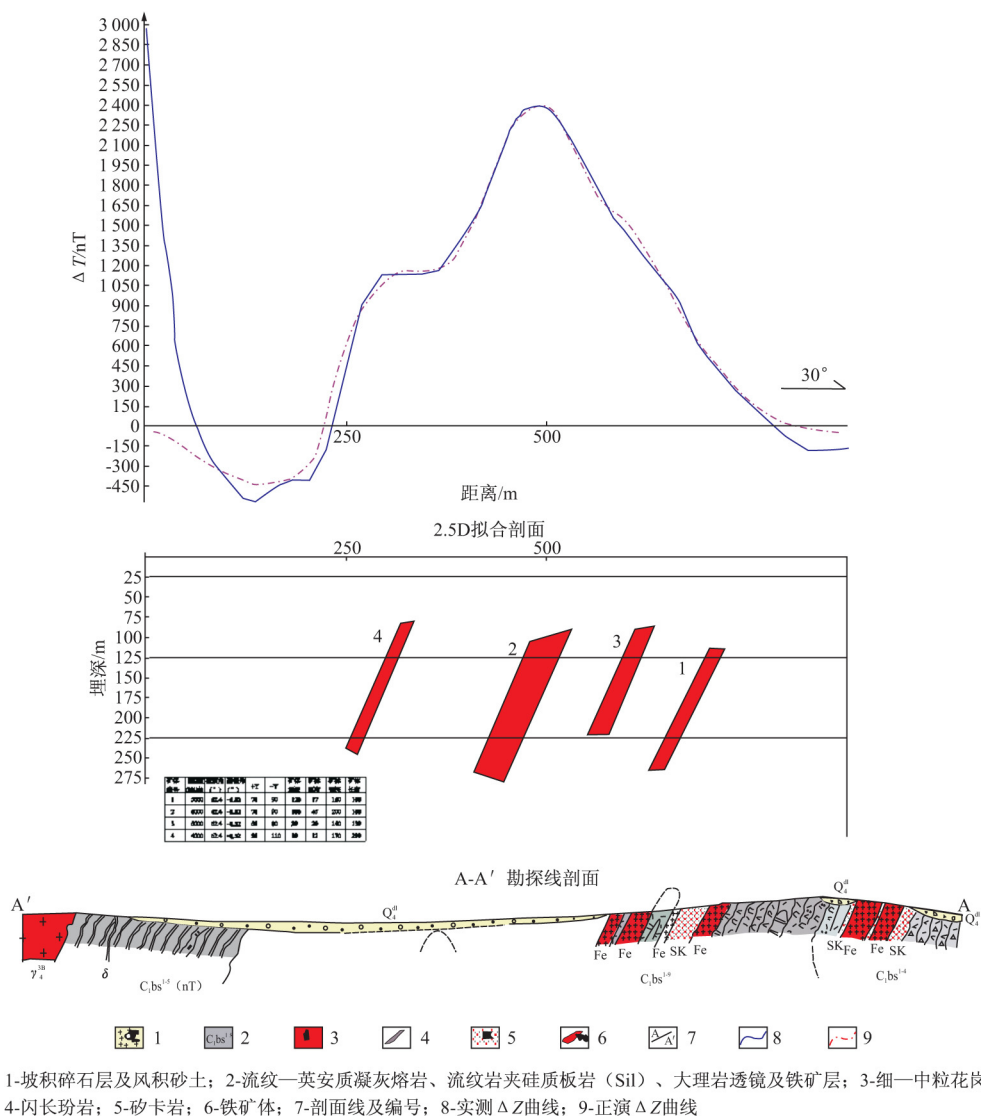


图 5 狼娃山铁矿区 A 剖面综合剖面

Fig. 5 A geophysical profile of Langwashan-style iron ore

4 结 论

重磁法勘探主要观测天然场重力场和磁场的变化,利用重磁异常解释断裂是地质构造研究的主要手段之一。在磁铁矿的勘查中,磁法勘探以其效率高,成本低,工作效果好而备受青睐,使其作为一种直接勘查手段而被广泛地应用,低缓磁异常是寻找隐伏磁铁矿的主要找矿标志。本文运用地球物理与地质结合的方法对甘肃省狼娃山铁磁矿进行分析和解释,得出以下结论:

1)在资料分析中显示,狼娃山铁磁矿预测类型为矽卡岩型,从分析可以得知:该类型磁铁矿床由于严格受构造和岩性控制,因此,可根据航磁异常划分出地层、岩性、构造等地质单元,然后选择成矿有利部位开展地磁测量,寻找和圈定矿致异常,形成成矿模型,对比分析寻找周边磁铁矿是可行的。

2)狼娃山铁磁矿的矿床规模为中型,主要产于低重力、高磁性区域,可以以此为模式进行周边磁铁矿探索分析。

3)在研究铁矿区成矿地质—地球物理模型时,需要对以前的区域性地球物理场进行研究,对比不同的地球物理方法,对地球物理异常典型区域进行详查,然后对照地质资料进行分析与处理,逐步找出异常特征对应地质体,为以后的找寻磁铁矿床找出成矿规律,使地球物理勘探具有更好的找矿效果。

参考文献:

[1] 刘光鼎,刘秉光,刘建明,等. 中国金属矿的地质与地球物理勘查[M]. 北京:科学出版社,2013.

- [2] 刘光鼎. 深部探测:诠释成矿过程、拓展深部资源[J]. 地球物理学报,2015,58(12):4317-4318.
- [3] 朱朝吉,周肇武,刘天佑,等. 高精度磁测找矿效果:以青海尕斯库勒格矿区为例[J]. 地质与勘探,2011,47(2):277-283.
- [4] 安永康,缪淑君,李百祥. 甘肃北山红山铁矿地质—地球物理找矿模型预测隐伏矿[J]. 甘肃地质,2011,19(2):62-66.
- [5] 汤中立,白云来,李志林. 华北板块西南边缘大型、超大型矿床的地质构造背景[J]. 地质学报,2002,76(3):432-432.
- [6] 李倩,李建国,王万银,等. 重磁电联合勘查深部铁矿方法试验研究[J]. 工程地球物理学报,2015,12(2):218-224.
- [7] 李正文,贺振华. 勘查技术与工程[M]. 北京:地质出版社,2003.
- [8] 江桂,朱国强,汪利明. 综合地球物理方法在浙江小梅多金属矿产勘查中的应用[J]. 工程地球物理学报,2008,5(4):464-469.
- [9] 严加永,滕吉文,吕庆田. 深部金属矿产资源地球物理勘查与应用[J]. 地球物理学进展,2008,23(3):871-891.
- [10] 赵希刚,吴汉宁,柏冠军,等. 重磁异常解释断裂构造的处理方法及图示技术[J]. 地球物理学进展,2008,23(2):414-421.
- [11] 彭芳苹,董良,葛志广. 航空物探试验场地面地球物理场特征分析[J]. 工程地球物理学报,2014,11(1):122-126.
- [12] 王三民,王萌,魏云飞,等. 河北省平泉县小寺沟铜钼矿床航磁异常特征及深部与外围找矿前景初步分析[J]. 工程地球物理学报,2014,11(6):813-817.
- [13] 艾虎,武永强,焦智伟,等. 地面高精度磁测在核电站选址中的应用[J]. 工程地球物理学报,2015,12(2):214-217.